



AVALIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE PERDAS DE SOLO USANDO O SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

Richarde Marques da Silva

Departamento de Geociências da UFPB

Celso Augusto G. Santos

Jorge Flávio Cazé B. da Costa Silva

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da UFPB

Leonardo Pereira e Silva

Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba (CEFET-PB)

RESUMO

A Bacia Experimental do Rio Guaraira está localizada nos municípios de Alhandra e Pedras de Fogo, entre as coordenadas 9.190.000 mN, 9.195.000 mN, 274.000 mE e 277.000 mE, numa área de 5,74 km². Esse trabalho estuda as modificações da ocupação do solo nesta bacia e sua influência na espacialização das perdas de solo, e tem por objetivo também comparar as perdas de solo na bacia nos anos de 1974 e 2006, usando a Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE) e o Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os fatores da RUSLE foram determinados a partir do levantamento de dados pluviométricos da bacia, mapas dos tipos de solos, mapas topográficos, mapas do uso e ocupação do solo, e imagens de satélite. Os resultados mostram que as perdas de solo são consideradas média nos meses de maio a junho com valores entre 1 e 2 t/ha/mês, e que o período entre outubro a dezembro apresenta perdas de solo muito baixa, menos de 1 t/ha/mês.

Palavras chave: geoprocessamento, cartografia digital, erosão.

TEMPORAL AND SPATIAL EVALUATION OF SOIL LOSS BASED ON GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS)

ABSTRACT

Guaraira River Experimental Basin is located in Alhandra and Pedras de Fogo cities, between the coordinates 9,190,000 mN, 9,195,000 mN and 274,000 mE, 277,000 mE, in an area of 5.74 km². This study evaluates the modification in the land use within the basin and its influence on the spatialization of the soil losses, and it also aims to compare the soil losses for the years 1974 and 2006, using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and the Geographical Information Systems (GIS). The data used in this study to generate the RUSLE variables include the precipitation data, digitized topographic and soil maps, land use maps, and satellite images. The results show medium soil losses between May and June, ranged from 1 to 2 t/ha/month, and very low soil losses for the period between October and December, below 1 t/ha/month.

Key words: geoprocessing, digital cartography, erosion.

Introdução

O solo é o recurso natural mais intensamente utilizado na produção de alimentos, podendo, por isso, ter sua capacidade produtiva comprometida pela erosão. O conhecimento das relações entre os fatores que causam as perdas de solo é de grande importância para que possam ser tomadas medidas no sentido do ordenamento do uso do solo.

Fundamentalmente, o processo de perdas de solo é condicionado pelos fatores chuva, solo, topografia, cobertura, manejo e práticas conservacionistas de suporte. Desde a década de 40, diversas equações têm sido desenvolvidas para o estudo das perdas de solo por erosão hídrica, e um dos modelos pioneiros utilizados é a Equação Universal de Perdas de Solo Revisada (RUSLE), Renard et al. (1997), uma adaptação da USLE (WISCHMEIER e SMITH, 1978).

A RUSLE é um modelo de base empírica que calcula a erosão do solo através de valores determinados por índices que representam os principais fatores, i.e., chuva, do solo, da topografia e do uso do solo. Oñale-Valdivieso (2004), trabalhando em áreas irrigadas, acrescentam que este modelo permite avaliar as perdas de solo, a longo prazo, e determinar setores críticos e, conseqüentemente, propor práticas de controle de erosão, o que o torna prático quando comparado a modelos empíricos mais complexos. A RUSLE pode ser utilizada também no monitoramento contínuo de sedimentos em reservatórios, podendo também ser utilizado na identificação de riscos de degradação de solos em microbacias, desde que adaptado às condições de estudo. Santos et al. (2000) analisaram a influência da cobertura vegetal sobre a erosão no semi-árido brasileiro usando também uma equação empírica.

Jurgens e Fander (1992) avaliaram a erosão do solo em uma pequena área, cujas informações sobre o uso e ocupação do solo foram determinadas por uma classificação multitemporal de duas imagens de satélite, e os fatores declividade e comprimento de vertente foram adquiridos por um modelo de elevação digital. Como resultado, correlacionaram as classes de uso do solo e sua contribuição à erosão, mostrando que solos com cultivo de vinhedos contribuíram mais para o processo de erosão do que as outras classes analisadas. Verificaram também que solos profundos foram menos afetados pela erosão do que solos rasos.

Pinto (1991) propôs um procedimento para o estudo da erosão do solo utilizando dados de sensoriamento remoto (fotografias aéreas, imagens TM/Landsat e HRV/SPOT) e um SIG. As imagens foram processadas por diversas técnicas de processamento digital com o objetivo de melhorar a identificação do uso e ocupação do solo na verificação de indícios de erosão. Os fatores de erodibilidade e topografia foram adquiridos de documentos cartográficos referentes aos tipos de solo e as curvas de nível, respectivamente. O processamento destes dados foi realizado através do SIG pela interface SITIM/SGL, resultando numa estimativa do potencial natural de erosão.

Lima et al. (1992) apresentaram um método de utilização de um SIG e de dados de sensoriamento remoto orbital para gerar mapas de suscetibilidade e de riscos de erosão do solo. O fator erodibilidade foi estabelecido através de um nomograma, o fator topográfico foi determinado através da geração de um modelo digital de terreno, a erosividade foi obtida através de curvas isoerodente, e os fatores de uso e manejo do solo foram obtidos através de dados digitais TM/Landsat. Estes dados foram integrados em um SIG para obtenção do mapa de susceptibilidade à erosão do solo. Os resultados demonstraram a eficiência do uso do SIG e de imagens orbitais na geração de mapas de erosão para grandes bacias hidrográficas.

Silva et al. (2007) estimaram a produção de sedimentos usando dois modelos de perdas de solo acoplados em um SIG, um de base empírica a EUPS – Equação Universal de Perdas de Solo (WISCHMEIER e SMITH, 1978), e outro de base física o KINEROS – *Kinematic Runoff-Erosion Model* (WOOLHISER et al., 1990). Este estudo teve como objetivo avaliar a aplicabilidade desses modelos em bacias hidrográficas na costa litorânea do Nordeste do Brasil. Os resultados obtidos em ambos os modelos foram considerados satisfatórios para a bacia estudada.

Dessa forma, é possível notar que a aplicação da RUSLE em ambiente SIG tem se mostrado uma ferramenta de grande valia para o estudo do gerenciamento dos recursos naturais em escala de bacia hidrográfica, pois torna o planejamento mais dinâmico e eficiente, permitindo o monitoramento, a avaliação e, principalmente, ajudando no processo de tomada de decisão.

O objetivo desse estudo é ampliar os conhecimentos sobre as perdas de solo na região litorânea do Estado da Paraíba, através da aplicação da RUSLE, a partir da determinação dos seus fatores pela interpretação de imagens de satélite e do uso do SIG, para avaliar as perdas de solo devido às mudanças do uso e ocupação do solo na Bacia Experimental do Rio Guaraíra no ano de 2006 em relação a 1974.

Localização e características da área de estudo

A Bacia Experimental do Rio Guaraíra é uma microbacia do rio Gramame (Figura 1), a qual está localizada na costa oriental do litoral do Estado da Paraíba, entre as coordenadas 9.190.000 mN, 9.195.000 mN, 274.000 mE e 277.000 mE.

A Bacia do rio Gramame é a principal fonte hídrica responsável pelo suprimento de água dos municípios que compõem a Região Metropolitana da Grande João Pessoa, capital da Paraíba, formada pelos municípios de João Pessoa, Santa Rita, Conde, Cabedelo e Bayeux.

Já a Bacia Experimental do Rio Guaraíra possui uma área de 5,74 km², e a mesma foi instalada como parte do Projeto IBESA (Implantação de Bacias Experimentais do Semi-árido) e está sob a responsabilidade do Laboratório de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental (LARHENA) da UFPB, sendo apoiada pelos Projetos BEER-

UFPB/Finep (Bacias Representativa e Experimental da Rede de Hidrologia do Semi-Árido) e GUARAÍRA/CNPq (Estudos Hidrossedimentológicos numa Bacia Experimental do Litoral Nordeste).

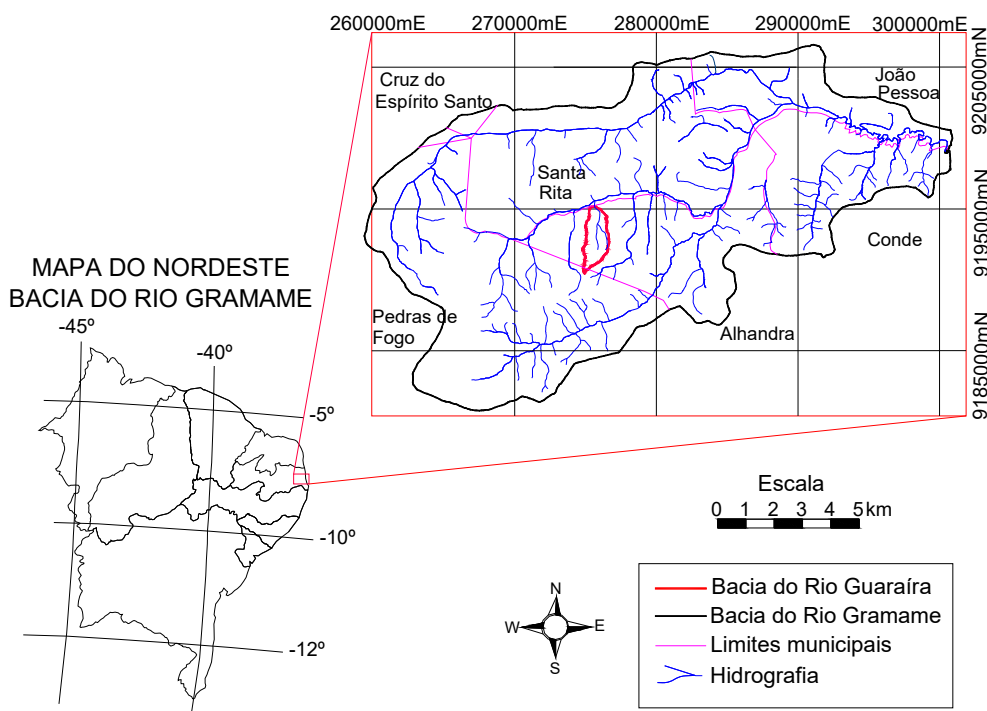


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Rio Gramame e da Bacia Experimental do rio Guaraiá.

Determinação dos fatores da RUSLE

A RUSLE é expressa pela seguinte equação:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

sendo A a perda de solo por unidade de área no tempo (t/ha), R o fator de chuva ou índice de erosão pela chuva, (MJ/ha·mm/ha), K o fator de erodibilidade do solo, isto é, a intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva, para um solo específico, LS o fator comprimento do declive, ou seja, a relação de perdas de solo entre uma declividade e um comprimento de rampa para o mesmo solo e grau de declive, C o fator uso e manejo, isto é, a relação entre perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto, e P o fator de prática conservacionista, entendido como a relação entre as perdas do solo de um terreno cultivado com determinada prática.

Para a realização desse estudo, optou-se por avaliar as perdas de solo na Bacia Experimental do Rio Guaraíra para os anos de 1974 e 2006, baseados em informações cartográficas disponíveis, que serviram de base para a aplicação da RUSLE.

O mapeamento do uso e ocupação do solo e da topografia da bacia para 1974 foi baseado a partir de cartas topográficas da Sudene na escala de 1:25.000, com equidistância de 10 m. A topografia da bacia, para 2006, foi gerada na escala 1:10.000, com equidistância de 5 m, a partir de uma estação total de GPS. Já para a identificação do uso do solo atual da bacia, foi utilizada uma imagem de satélite do sensor TM+ do satélite Landsat 7.

Fator *R*

O fator de erosividade da chuva (*R*) foi calculado pela Equação 2 de Lombardi Neto e Moldenhauer (1980), a partir de dados diários observados de precipitação de cinco estações pluviométricas localizadas na bacia experimental, como descritos na Tabela 1. A espacialização da chuva foi determinada através do Método de Thiessen (Equação 3).

$$EI_{mensal} = 89,823 (P_m^2 / P_a)^{0,759} \quad (2)$$

donde EI_{mensal} é a média mensal do índice de erosão (MJ·mm/(h·ha)), para o mês considerado; P_m é a precipitação mensal (mm) do mês considerado; e P_a é a precipitação média anual (mm).

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i P_i}{A_T} \quad (3)$$

no qual \bar{P} é a precipitação média na bacia (mm); A_i é a área do respectivo polígono, dentro da bacia (km²); P_i é a precipitação no posto *i* (mm); e A_T é a área total da bacia.

Para a determinação de *R*, foi somado os valores mensais do índice de erosividade para toda a série histórica através da Equação 4.

$$R = \sum EI \quad (4)$$

no qual *R* é a erosividade da chuva (MJ/ha·mm/ano), e *EI* é a média mensal do índice de erosividade obtido.

Tabela 1. Localização e período de dados das estações pluviométricas

Identificação	y (m)	x (m)	Período de dados
Posto 1	9.193.188	274.470	2003–2005
Posto 2	9.192.734	275.791	2003–2005
Posto 3	9.191.012	275.615	2003–2005
Posto 4	9.192.860	276.834	2003–2005
Posto 5	9.192.860	276.588	2003–2005

Fator *K*

O fator de erodibilidade do solo foi obtido a partir dos mapas de solo baseados no Levantamento Exploratório de Solos (MA/SUDENE/DRN, 1972). Os mapas de solos foram georreferenciados e digitalizados em ambiente CAD, através de técnicas de cartografia digital e exportados para um SIG. A Tabela 2 apresenta os valores de *K* para os tipos de solo encontrados na bacia.

Tabela 2. Valores do fator *K* para a Bacia Experimental do rio Guaraíra

Tipos de Solos	Textura	Classe	<i>K</i> (t·ha·h/ha·MJ·m m)
Podzólico Vermelho-Amarelo	Argilo-Arenosa	PV3	0,032
Podzol Hidromórfico	Argilosa	HP	0,021

Fator *LS*

Existem diversos métodos para a determinação do fator *LS* (WILLIAMS e BERNDT, 1976; MOORE e BURCH, 1986; DESMET e GROVERS, 1996; KINNELL, 2005). Neste trabalho, utilizou-se o modelo proposto por Moore e Burch (1986), também utilizado por Engel e Mohtar (2006) para a estimativa desse fator, cuja formulação é dada por:

$$LS = \left(\frac{V}{22,13} \right)^{0,4} \left(\frac{\sin \theta}{0,0896} \right)^{1,3} \quad (5)$$

sendo *V* a acumulação de fluxo multiplicada pelo tamanho da célula, θ é o ângulo da declividade em graus.

Fatores *C* e *P*

Para o mapeamento do uso do solo e das práticas conservacionistas para 1974, foram utilizadas duas cartas topográficas na escala de 1:25.000, que foram georreferenciadas em ambiente CAD.

Para as áreas não cultivadas, adotou-se o valor máximo 1,0 e para as áreas com agricultura adotou-se genericamente o valor de 0,5, como recomendado por

Bertoni e Lombardi Neto (1985). As Tabelas 3 e 4 apresentam os valores dos fatores *C* e *P* encontrados na bacia, respectivamente.

A determinação dos fatores *C* e *P* da RUSLE para 2006, foram baseados em imagens do sensor TM+ do satélite Landsat 7, com resolução espacial de 30 × 30 m, e verificados *in loco* a partir de levantamentos de campo para identificação mais precisa do uso e ocupação do solo da bacia.

Tabela 3. Valores do fator *C* relacionados às categorias de uso da terra

Uso da Terra	Valores do Fator <i>C</i>	Uso da Terra	Valores do Fator <i>C</i>
Abacaxi	0,21	Pasto	0,01
Campo com boa cobertura	0,010	Mata	0,00004
Cana-de-açúcar	0,004	Côco	0,02
Vegetação de Várzea	0,00	Solo exposto	1,0
Cerrado	0,0007		

Fonte: Adaptado de Bertoni et al. (1975) e Silva et al. (2003).

Tabela 4. Valores do fator *P* para algumas práticas de conservação

Práticas de Conservação	Valor de <i>P</i>
Plantio morro abaixo	1,0
Plantio em contorno	0,5
Alternância de capinas + plantio em contorno	0,4
Cordões de vegetação permanente	0,2

Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (1995).

O fluxograma da metodologia e das etapas empregadas nesse trabalho para a determinação das perdas de solo, através do uso de técnicas de sensoriamento remoto, SIG e da RUSLE, pode ser visto na Figura 2.

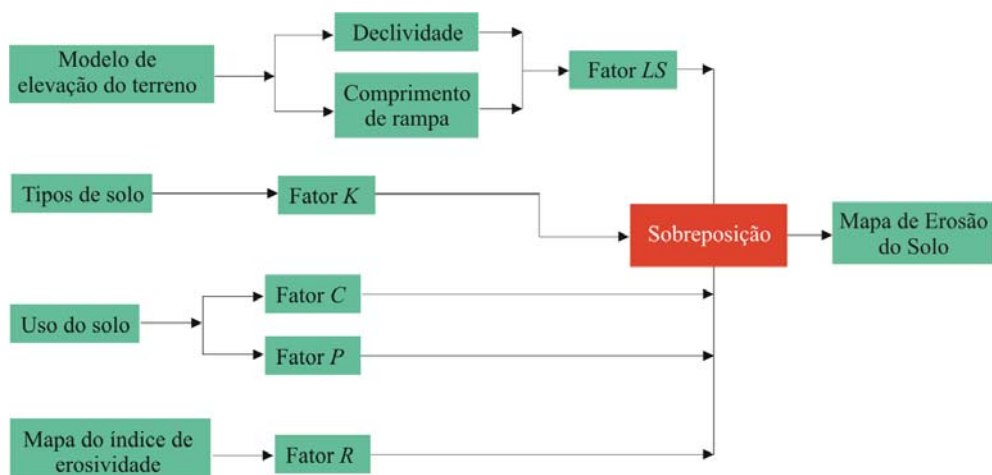


Figura 2. Metodologia para obtenção das perdas de solo usando a RUSLE.

Resultados e Discussões

O resultado da espacialização do fator K está diretamente relacionado aos tipos de solo da bacia (Figura 3a), uma vez que esse parâmetro é uma propriedade intrínseca de cada classe de solo. Segundo Lorandi e Pedro (2004) solos do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo com textura argilo-arenosa são considerados como solos resistentes à erosão, e os do tipo Podzol Hidromórfico com textura Argilosa, são ainda mais resistentes aos processos, ou seja, apresentam valores ainda mais baixos do fator K.

Para a Bacia Experimental do Rio Guaraíra, o fator conjunto de comprimento e grau de declive (*LS*) foi calculado a partir da equação 5, cujos resultados obtidos para esse fator estão apresentados na Figura 3b. A avaliação do fator *LS* apresentou uma variação na área de estudo, com valores entre 0 e 6, apresentando baixa amplitude das declividades. Nota-se que em grande parte da área da bacia o fator *LS* é igual ou inferior a 0,88 (Figura 3b).

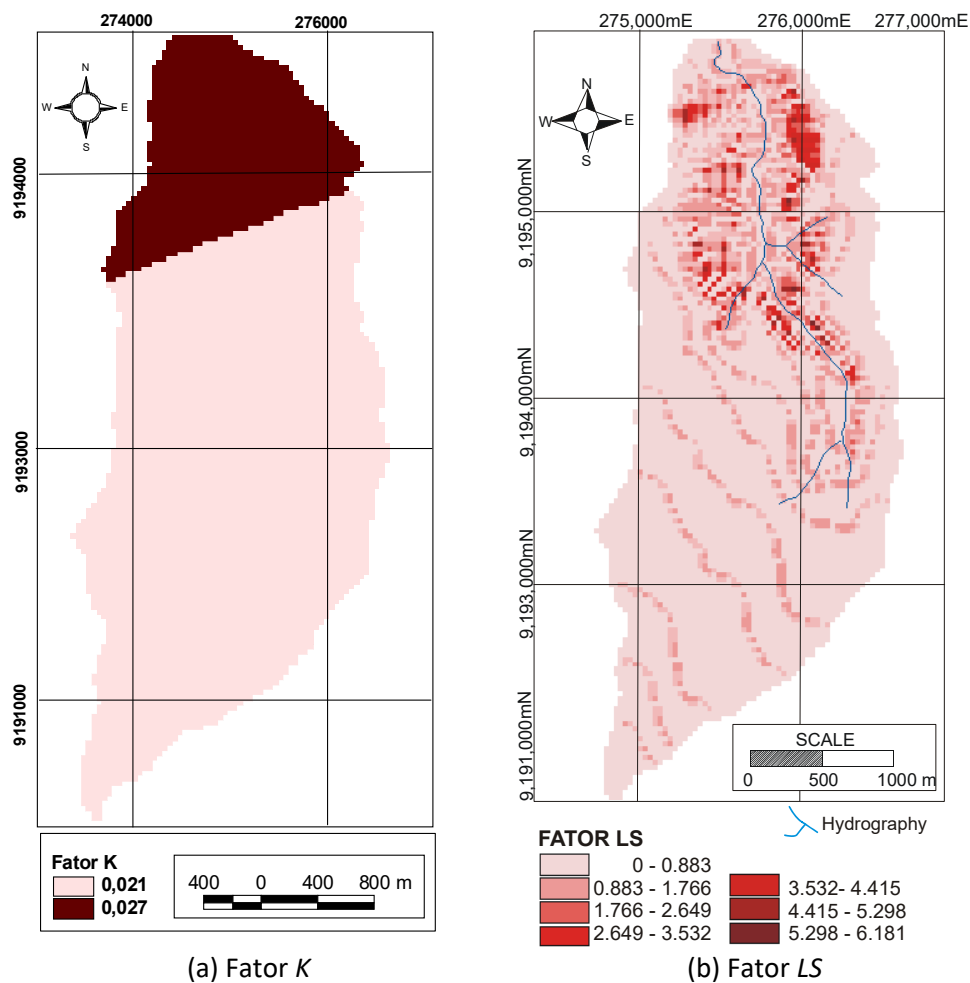


Figura 3. Espacialização dos fatores K e LS na Bacia Experimental do rio Guaraíra.

Sobre a influência do fator *LS*, pode-se dizer que valores mais elevados de declividade estão associados a áreas com topografia mais acentuada, o que não é o caso da Bacia Experimental do Rio Guaráira, que possui declividade média de 0,0455 m/m (SANTOS et al., 2006). Os valores elevados do fator topográfico, de maneira geral, correspondem a relevos mais enérgicos. Em relevos suaves, os valores mais altos do fator topográfico se devem ao comprimento de rampa e em relevos mais acentuados, os valores do fator topográfico são comandados quase que exclusivamente pela declividade (COSTA, 2005). Quanto maiores a declividade e o trecho percorrido encosta abaixo, maior energia é produzida pela enxurrada que se acumula e maior a erosão resultante.

Os fatores *C* e *P* da RUSLE para a Bacia do Rio Guaráira nos dois anos analisados estão apresentados nas Figuras 4a e 4b. A imagem foi georreferenciada e tratada em um ambiente SIG e aplicada a composição colorida R4-G7-B3, utilizada para o mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia. Para a identificação da cobertura vegetal foram realizadas diversas visitas em campo para a identificação dos tipos de vegetação existentes na bacia, e o resultado da espacialização do fator *C* está apresentado na Figura 4.

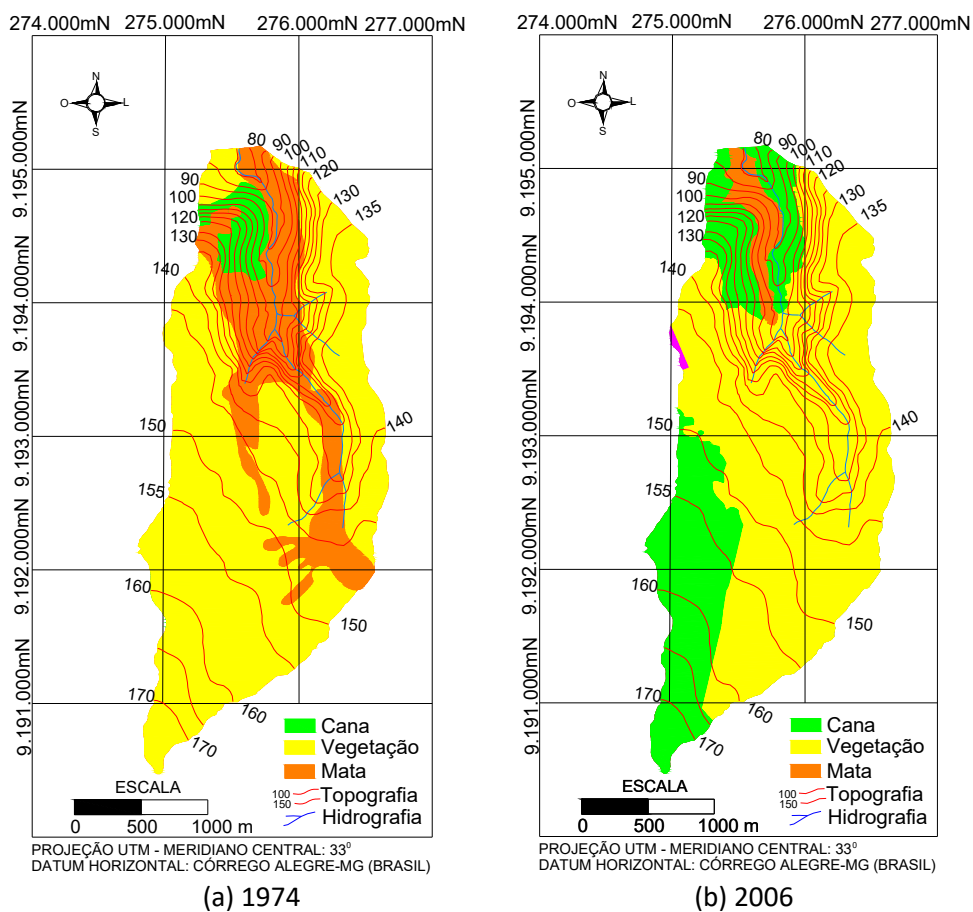


Figura 4. Espacialização dos fatores *C* e *P* na Bacia Experimental do Rio Guaráira.

Percebe-se a partir da análise da paisagem que houve uma redução significativa da área de Mata em detrimento da expansão de culturas, como da cana-de-açúcar e do abacaxi e, sobretudo, do desmatamento para uso de culturas de menor porte e de pastagens.

O predomínio da cana-de-açúcar na paisagem do litoral nordestino foi uma constante, do início da colonização aos dias atuais. Porém, a forma como se organizou nem sempre foi a mesma. O aumento da área plantada com cana-de-açúcar, a exemplo do que ocorreu em toda fachada do litoral do nordeste brasileiro, baseou-se na produção açucareira destinada ao mercado externo, influenciado por programas governamentais de incentivos fiscais como o Pró-álcool (MOREIRA e TARGINO, 1997).

Perdas de solo na bacia

A Tabela 5 apresenta a precipitação média mensal na bacia calculada a partir do Método de Thiessen e os resultados do cálculo do fator energético da chuva para a bacia. A análise da variação mensal da erosividade, dentro dos limites da área de estudo, mostrou que os valores variaram entre 100 e 1.600 MJ·mm/(h·ha), mostrando uma grande amplitude dos valores calculados para a região. Esses valores são próximos dos obtidos por Silva (2004) que apresentou um valor médio para a região da costa litorânea do Estado da Paraíba na faixa de 1.200 a 2.000 MJ·mm/(h·ano).

Os resultados obtidos mostram que as perdas de solo na bacia podem ser consideradas como baixa para os meses de maio a junho com valores entre 1 e 2 t/ha/mês, e que o período entre outubro a dezembro apresenta perdas de solo muito baixa, menos de 1,0 t/ha/mês.

Tabela 5. Fator energético da chuva e perdas de solo na Bacia Experimental do Rio Guaraira para 1974 e 2006.

Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	EI_{mensal} (MJ·mm/(h·ha))	Perda de Solo (t/ha/mês)		Aumento (%)
			1974	2006	
Janeiro	93,12	397	0,26	0,51	49,0
Fevereiro	137,68	720	0,47	0,92	48,9
Março	110,03	512	0,34	0,66	48,5
Abril	102,90	463	0,30	0,59	49,2
Maio	154,26	855	0,56	1,10	49,1
Junho	232,73	1.597	1,04	2,05	49,3
Julho	188,64	1.161	0,76	1,49	49,0
Agosto	78,25	305	0,20	0,39	48,7
Setembro	44,27	129	0,08	0,16	50,0
Outubro	28,61	66	0,04	0,08	50,0
Novembro	10,52	15	0,01	0,02	50,0
Dezembro	40,87	114	0,07	0,15	53,3

A Figura 5 apresenta a espacialização das perdas de solo na bacia experimental, obtidos pelo cálculo da RUSLE. Analisando os dados obtidos da estimativa das perdas de solo na bacia a partir da RUSLE em ambiente SIG, pode-se constatar que grande parte da mesma apresenta um potencial de perdas de solo muito baixo, e apenas poucas porções da bacia apresentam susceptibilidade a perdas de solo.

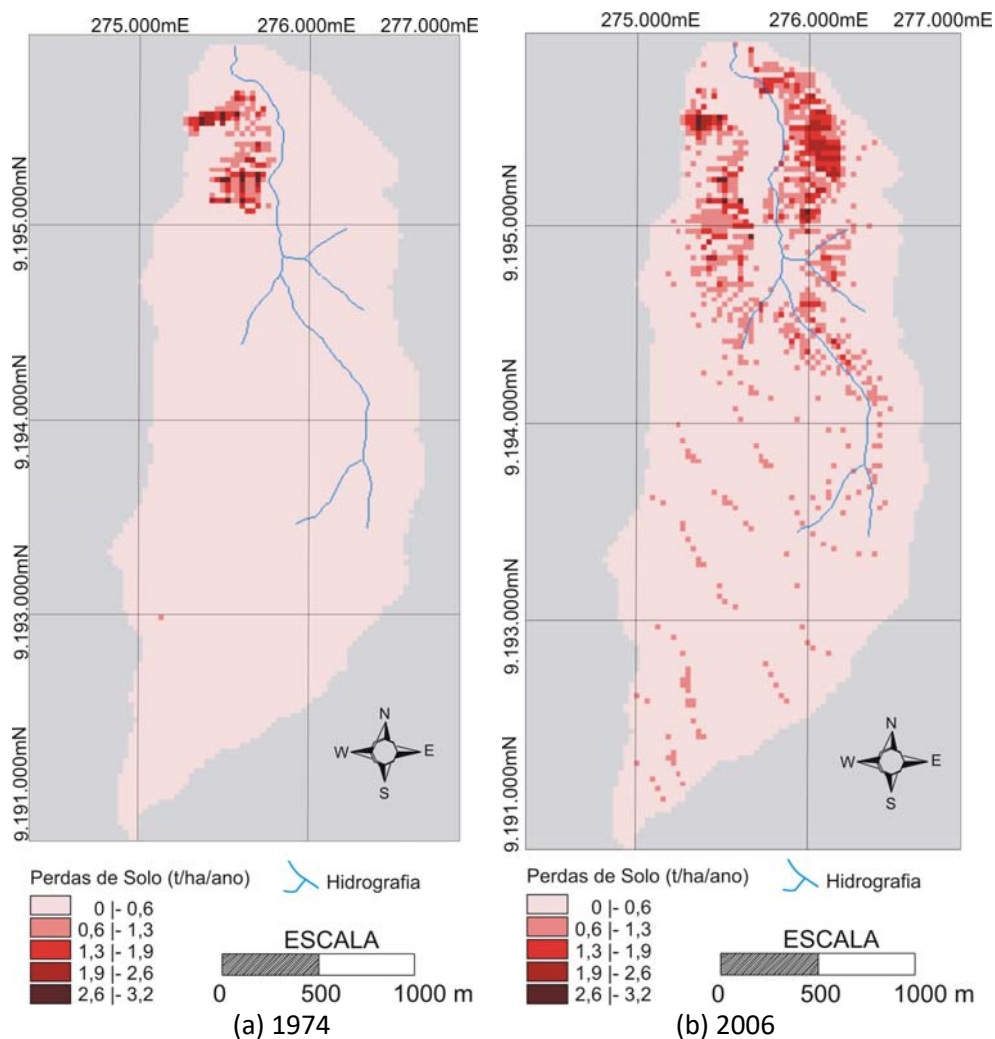


Figura 5. Estimativa das perdas de solo para a Bacia Experimental Guaraiara.

Considerações Finais

O estudo apresentou a comparação entre as perdas de solo na Bacia Experimental do Rio Guaraiara, para os anos de 1974 e 2006, usando a RUSLE e o SIG.

De maneira geral, a Bacia Experimental do Rio Guaraira apresentou para ambos os períodos estudados um potencial de perdas de solo considerado muito baixo segundo a classificação da FAO (1967). Os resultados mostram que as perdas de solo na bacia são consideradas como média nos meses de maio a junho com valores entre 1 e 2 t/mês/ha, e que o período entre outubro a dezembro apresenta perda de solo muito baixa, menos de 1,0 t/ha/mês, para ambos os períodos. Nota-se também que as alterações no uso do solo da bacia acarretaram sensíveis aumentos de perdas de solo calculadas.

Assim, conclui-se do exposto que a aplicação da RUSLE associada ao SIG, apresentou resultados satisfatórios e importantes para o entendimento das características dos parâmetros da RUSLE para a região litorânea da Paraíba, além de estimar as condições de perdas de solo para a bacia. O estudo recomenda também a realização de novas aplicações da RUSLE em bacias do litoral nordestino, para uma melhor avaliação da espacialização das perdas de solos na região como um todo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental da UFPB por fornecer os dados utilizados no estudo. Os autores são apoiados com recursos do MCT/CT-Hidro/CNPq Proc. 383391/2006-7, e bolsas do MCT/CT-Hidro/CNPq e CNPq.

Referências

BENATTO, L.; GOMES, J. P. M.; MERTEN, G. H. **Estimativa de perda de solo através da equação universal de perdas de solo considerando diferentes cenários de manejo do solo**. Anais do VII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2006.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JUNIOR, R. **Equação de perdas de solo**. Campinas: IAC, 25p. (Boletim técnico, 21), 1975.

COSTA, A.L.C. **Estudo da vulnerabilidade à erosão com a aplicação da Equação Universal de Perda de Solo na Alta Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira, utilizando SIG/SPRING**. Rio Claro: UNESP, 2005, 168 p.

DESMET, P.J.J.; GOVERS, G. **A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units**. Journal of soil and water conservation, v. 51, n. 5, p. 427–433, 1996.

ENGEL, B.; MOHTAR, R., 2006. **Estimating soil erosion using RUSLE and the ArcView GIS**. Acesso em: 01 de março de 2007. Disponível em:

<http://pasture.ecn.purdue.edu/~abe526/resources1/workshop/gisrusle2.doc>.
Acesso em: 06/05/2007

FAO. **La erosión del suelo por el agua: algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo**. Cuadernos de fomento agropecuario de la Organización de las Naciones Unidas, Roma, n. 81, 1967, 207 p.

JURGENS, C.; FANDER, M. **Soil erosion assessment and simulation by means of satellite remote sensing and ancillary digital data**. GIS Journal, n. 4, p. 27–31, 1992.

KINNELL, P.I.A. **Alternative approaches for determining the USLE-M slope length factor for grid cells**. Soil Science Society of America Journal. N. 69, p. 674–680, 2005.

LIMA, E. R. V.; KUX, H. J. H.; SAUSEN, T. M. **Sistema de informações geográficas e técnicas de sensoriamento remoto na elaboração de mapa de riscos de erosão no sertão da Paraíba**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 16, n. 2, p. 257–264, 1992

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. **Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP**. Anais do III Encontro Nacional de Pesquisa Sobre Conservação do Solo, p. 13–25, 1980.

MA/SUDENE/DRN. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba**. Recife: SUDENE, 1972.

MOORE, I.D.; BURCH, G. **Physical basis of the length-slope factor in the Universal Soil Loss Equation**. Soil Science Society of America Journal, n. 50, p. 1294–1298, 1986.

MOREIRA, E.; TARGINO, I. **Capítulos de geografia agrária da Paraíba**. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, João Pessoa, 1997.

OÑALE-VALDIVIESO, F. **Metodología para la evaluación del riesgo de erosión en zonas áridas y su aplicación en el manejo y protección de proyectos hidráulicos**. Revista Electrónica de La Redlach, n. 1. a. 1, 2004.

PARANHAS FILHO, A.C.; FIORI, A.P.; DISPERATI, L.; LUCCHESI, C.; CIALI, A.; LASTORIA, G. **Avaliação multitemporal das perdas de solos na bacia do rio Taquarzinho-MS**. Boletim Paranaense de Geociências, n. 52, p. 49–59, 2003.

PINTO, S.A.F. **Sensoriamento Remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos**: contribuição metodológica, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Paraíba, 1991, 149 p.

RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A.; MCCOOL, D.K.; Yoder, D.C. **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE)**. U.S. Department of Agriculture, Handbook, n. 703, 1997.

SANTOS, C.A.G.; SILVA, R.M.; SILVA, L.P. **Simulação da produção de sedimentos e do escoamento superficial na bacia experimental do rio Guaraíra: primeiros resultados**. Anais... Porto Alegre: Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2006.

SANTOS, C.A.G.; SUZUKI, K.; WATANABE, M.; SRINIVASAN, V.S. **Influência do tipo da cobertura vegetal sobre a erosão no semi-árido paraibano**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 92–96, 2000.

SILVA, A. M. **Rainfall erosivity map for Brazil**. Catena, 57, p. 251–259, 2004.

SILVA, R.M.; SANTOS, C.A.G.; SILVA, L.P.; SILVA, J.F.C.B.C. **Soil loss prediction in Guaraíra river experimental basin, Paraíba, Brazil based on two erosion simulation models**. Revista Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v. 2, n. 3, p. 19-33, 2007.

WILLIAMS, J.R.; BERNDT, H.D. **Determining the universal soil loss equation's length-slope factor for watersheds**. Proceedings of the National Soil Erosion Conference, West Lafayette, 1976.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses**. Admin. U.S. Dept. Agr. Washington, D.C. Agriculture Handbook. Sci. and Educ., n. 357, 1978, 58 p.

WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B.; CROSS, B.V. **A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites**. Journal of Soil and Water Conservation, n. 26, p. 89–193, 1971.

WOOLHISER, D.A.; SMITH, R.E.; GOODRICH, D.C. **Kineros, a kinematic runoff and erosion model: documentation and user manual**. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-77, 1990, 130 p.

Contato com os autores: richardemarques@yahoo.com.br, celso@ct.ufpb.br

Recebido em: 04/10/2007

Aprovado em: 30/11/2007